



Prise de position de la KSR/CPR à propos de l'article de Scherb et Voigt concernant le lien potentiel entre la radiation et le sex-ratio

Avant-propos

La Commission fédérale de protection contre les radiations et de surveillance de la radioactivité (CPR) suit avec intérêt toutes les publications qui peuvent améliorer nos connaissances concernant les effets des radiations ionisantes sur la santé humaine. L'examen du récent article de Scherb et Voigt (2011) fait partie de cette démarche. Du fait du nombre important de publications dans les domaines de la radiobiologie et de la radioépidémiologie, la CPR limite en général ses prises de position aux publications de synthèses, telles que les rapports de l'UNSCEAR et de la CIPR. Toutefois, comme l'étude de Scherb et Voigt a été publiée dans une revue comprenant une évaluation par les pairs, la CPR a accepté le mandat de l'Office fédéral de la santé publique d'analyser son contenu et ses implications potentiels pour la Suisse et la santé de sa population.

Résumé de l'étude

Le papier analyse le sex-ratio à la naissance, défini comme le rapport entre les garçons et les filles nés vivants, sur une période de 40 années et tente d'établir une relation entre les variations temporelles observées et l'exposition aux radiations ionisantes. Il prétend qu'une augmentation de ce rapport est observable dans des populations américaines et européennes entre 1964 et 1975, augmentation qui pourrait être associée aux retombées retardées des essais atomiques effectués avant le Traité d'interdiction partielle des essais nucléaires (1963). En 1986, l'étude observe une augmentation similaire dans la population européenne (mais pas dans la population américaine) et l'attribue à l'accident de Tchernobyl. Ce dernier événement est analysé plus en détail en vue de démontrer que l'amplitude de l'effet est associée à la dose de radiations ; les auteurs identifient un faible effet sur la population française, plus important sur la population allemande et encore plus grand sur la population russe. Afin de quantifier une possible relation dose-effet, l'étude considère le nombre absolu de naissances au Danemark et identifie un déficit important des naissances de filles par rapport à celles de garçons en 1987. Prenant en compte cette observation et une autre présentée dans des publications antérieures, les auteurs en déduisent un soit-disant « gap entre les sexes » de plusieurs millions d'individus qui est alors attribué à un déficit de naissances, dû à des individus soit mort-nés, soit handicapés.

L'article présente aussi des données concernant le sex-ratio au voisinage de centrales nucléaires (CN) en Allemagne et en Suisse tirées d'une étude réalisée par le même groupe (Kusmierz *et al.* 2010). Selon les données de Kusmierz *et al.*, les auteurs n'observent pas de différences significatives entre les cohortes vivant dans un rayon de 5 km autour des CN et les autres. Par contre, l'étude identifie une augmentation significative du sex-ratio pour des distances plus petites que 35 km des CN et présente un fit encore meilleur avec une fonction de Rayleigh (en gros une « bosse ») centrée à 14,3 km des CN.

Opinion de la CPR

La CPR est très intéressée aux recherches originales qui peuvent conduire à une amélioration des connaissances dans le domaine des effets des radiations ionisantes. Les organisations internationales, telles que la CIPR ou l'UNSCEAR, s'accordent sur le fait que l'exposition à de faibles

doses de radiation peut provoquer un cancer, des mutations génétiques et probablement d'autres effets sanitaires. Une absence d'effet sur le sex-ratio n'impliquerait pas que les radiations ionisantes sont inoffensives ; ainsi une étude approfondie sur le sex-ratio est la bienvenue.

La conclusion principale de l'étude de Scherb et Voigt est que le consensus international au sujet des effets des faibles doses de radiation ionisante sous-estime la réalité de plusieurs ordres de grandeur. Si cette affirmation extraordinaire était exacte, elle impliquerait un changement radical dans notre utilisation des radiations ionisantes, en particulier pour les applications médicales. Avant de pouvoir être acceptée, une telle affirmation devrait pouvoir être appuyée par des preuves tout aussi extraordinaires. La CPR reste septique quant aux conclusions présentées par Scherb et Voigt pour les raisons suivantes :

1. Tous les sex-ratios présentés dans l'étude varient entre 1.045 et 1.065. Ceci est considéré comme correspondant à la valeur de référence dans l'étude des écarts (Hesketh and Zhu 2006).
2. Le fait que l'on n'ait pas estimé les fluctuations du sex-ratio d'une année à l'autre rend difficile de déduire une apparente variation observée pour une année particulière. La CPR a estimé l'incertitude en calculant les écarts-types des fits donnés dans l'étude et en comparant les données européennes pour la période du Traité d'interdiction partielle des essais nucléaires et à l'époque de l'accident de Tchernobyl : un écart-type de 0.005 apparaît justifié. Ceci aurait dû être pris en compte dans l'analyse des données. En réalité, à l'exception de la Russie entre 1980 et 2000, l'augmentation du sex-ratio identifiée dans l'étude est plus petite que 0.005.
3. L'augmentation du sex-ratio en Russie entre 1980 et 2000 est attribuée à l'accident de Tchernobyl, mais aucun test statistique n'est présenté qui prouverait que cette augmentation en 1986 est plus probable que tout autre. En particulier l'hypothèse qu'une lente augmentation se soit produite durant toute la période des 20 années n'a pas été testée. Ceci est malheureux, car des augmentations du sex-ratio ont été observées dans de nombreux pays d'Asie (Zhu *et al.* 2009). En effet, des interruptions de grossesse sélectives basées sur le sexe, interventions associées à un large accès aux ultrasons prénatals, ont débuté dans les années 1980 et ont conduit à des sex-ratios de 1.15 et plus. L'aspect sociologique n'a en réalité pas été abordé dans l'étude de Scherb et Voigt.
4. Les conclusions tirées de l'analyse au sujet du « gap entre les sexes » au Danemark en 1987 sont douteuses parce qu'elles n'ont pu être reproduites dans aucun autre pays d'Europe. De plus, les fluctuations des données danoises présentées durant la période 1984 à 1990 sont nettement plus grandes si l'on considère une période plus étendue.
5. Il est difficile d'évaluer les résultats concernant la variation du sex-ratio en fonction de la distance aux CN en Allemagne et en Suisse, parce que la méthodologie utilisée n'a pas été publiée dans un journal avec revue par les pairs, parce qu'aucune source de biais n'a été prise en compte (comme ceci est par exemple le cas dans l'article de Spycher *et al.* (2011)) et parce qu'aucune hypothèse alternative n'a été testée. Le fait que l'étude ait identifié un pic à 14,3 km et n'a rien vu entre 0 et 5 km est difficile à comprendre dans le cadre d'une relation de cause à effet. Un autre aspect troublant de ce raisonnement est l'absence d'une relation documentée entre la distance aux CN et la dose délivrée à la population. Finalement la dernière section de l'étude de Kusmierz *et al.* (2010) laisse percer un doute chez les auteurs eux-mêmes puisqu'ils disent que « des investigations approfondies sont nécessaires pour confirmer ou réfuter les résultats de l'étude ».

En conclusion, l'opinion de la CPR est qu'il n'y a aucune preuve que le sex-ratio est affecté par la radiation ionisante. Les conclusions de Scherb et Voigt ne sont pas convaincantes et ne fournissent pas d'arguments décisifs pour jeter un doute sur les estimations de risque publiées par les organismes internationaux comme la CIPR et l'UNSCEAR. Ainsi leurs conclusions ne constituent pas un problème pour la santé publique en Suisse. En vue d'améliorer notre compréhension des effets génétiques des radiations ionisantes, la CPR recommande d'encourager des domaines de recherche plus performants, tel que la radiobiologie qui possède une plus grande capacité explicative, plutôt que de financer une autre étude sur le sex-ratio.

Références

Hesketh T. and Zhu W. X. 2006. Abnormal sex ratios in human populations: Causes and consequences. PNAS 103(36): 13271–13275.
doi 10.1073/pnas.0602203103

Kusmierz R, Voigt K, Scherb H. 2010. Is the human sex odds at birth distorted in the vicinity of nuclear facilities (NF)? A preliminary geo-spatial–temporal approach. In: Greve K, Cremers AB (eds) 24th EnvirolInfo 2010. Bonn and Cologne, Germany, October 6th–8th 2010. Shaker, pp 616–626

Scherb H. and Voigt K. 2011. The human sex odds at birth after the atmospheric atomic bomb tests, after Chernobyl, and in the vicinity of nuclear facilities, Environ Sci Pollut Res 18:697–707.
doi 10.1007/s11356-011-0462-z

Spycher B. D. Feller M., Zwahlen M., Rösli M., von der Weid N. X., Hengartner H., Egger M. and Kuehni C. E. 2011. Childhood cancer and nuclear power plants in Switzerland: a census-based cohort study. International Journal of Epidemiology.
doi:10.1093/ije/dyr115

Wei Xing Zhu, Li Lu and Therese Hesketh. 2009. China's excess males, sex selective abortion, and one child policy: analysis of data from 2005 national intercensus survey, British Medical Journal 338:b1211.
doi:10.1136/bmj.b12



Position of the KSR/CPR on the paper by Scherb and Voigt concerning the potential link between radiation and sex odds

Foreword

The Commission for Radiological Protection and Monitoring of Radioactivity (KSR) follows with interest all publications that can improve our knowledge regarding the human health effects of ionizing radiations. The review of a recent paper by Scherb and Voigt (2011) is therefore part of this approach. Due to the large number of publications in the fields of radiation biology and radiation epidemiology, the KSR usually restricts its statements to synthesis publications such as UNSCEAR or ICRP reports. However, because the Scherb and Voigt study was published in a peer-reviewed journal, the KSR accepted a mandate from the Federal Office of Public Health to analyze its content and its potential implications for Switzerland and its public health.

Summary of the study

The paper investigates the sex odd at birth, defined as the ratio of live-births of boys and girls, over a period of about 40 years and attempts to establish a relationship between observed temporal variations and exposure to ionizing radiation. It claims that an increase of the sex odd is observable in American and European populations from 1964 to 1975 that may be associated with delayed global atomic bomb test fallout released prior to the Partial Test Ban Treaty in 1963. In 1986, the study observes a similar increase in the European (but not the American) population and attributes it to the Chernobyl accident. This latter event is analyzed in more detail in order to show that the magnitude of the effect is linked to the radiation dose: the authors identify a small effect on the French population, a larger effect on the German population and an even larger effect on the Russian population. In order to quantify a potential dose-effect relationship, the study considers the absolute number of births in Denmark and identifies a larger deficit of female to male births in 1987. Taking this observation and another of their previous publications into account, the authors deduce a so-called "gender gap" of several million people, which is then attributed to a birth-deficit, as well as stillborn or impaired children.

The paper also presents data related to the sex odd in the vicinity of German and Swiss nuclear power plants (NPPs) coming from a study done by the same group (Kusmierz *et al.* 2010) *al.* Based on the data from Kusmierz *et al.*, the authors observe no statistical differences between the cohorts living in a 5-km radius from a NPP and other locations. However, the study identifies a statistically significant increase in the sex odd at distances smaller than 35 km from the NPP and an even better fit with a Rayleigh function (roughly a "bump") which peaks 14.3 km away from the NPP.

Combining these observations with their previous studies, the authors conclude that the present risk estimate of low-dose ionizing radiations as presented by the international organizations is "in error at three to four orders of magnitude or, more likely, it is conceptually wrong".

Opinion of the KSR

The KSR is highly interested in original research that could improve our knowledge regarding the health effects of ionizing radiations. International organizations such as the ICRP or UNSCEAR agree that it is a scientifically established fact that exposure to low levels of ionizing radiation can cause cancer, heritable mutations and probably other health effects. An absence of effect on the sex odd would not imply that ionizing radiations are harmless; at the same time, a thorough study on the sex odd is welcome.

The main conclusion of the study by Scherb and Voigt is that the international consensus about the low dose health effects of ionizing radiations is underestimating the reality by several orders of magnitude. If this extraordinary claim were true, it would require a drastic change in our use of ionizing radiations; for medical applications in particular. Before being accepted, it should therefore be confirmed by extraordinary evidence. The KSR remains unconvinced by the conclusions presented by Scherb and Voigt for the following reasons:

1. All sex odds presented in the study vary between 1.045 and 1.065. This is widely considered as being within the baseline for evaluating deviations (Hesketh and Zhu 2006).
2. The fact that the normal year-to-year fluctuations of the sex odd are not estimated makes it difficult to deduce any apparent variation observed for a given year. The KSR estimated the uncertainty by computing the standard deviations for the fits given in the study as well as by comparing the common European data from the period of the Partial Nuclear Ban Treaty and around the Chernobyl accident: a standard uncertainty of about 0.005 appears to be justified. This should have been taken into account in the analysis of the data. In fact, except for Russia between 1980 and 2000, the sex odd increases identified by the study are smaller than 0.005.
3. The rise of Russian sex odd between 1980 and 2000 is attributed to the Chernobyl accident, but no statistical test is reported to prove that the sex odd increase in the year 1986 is more likely than any other. In particular, the hypothesis that a slow increase was occurring during the whole 20-year period is not tested. This is unfortunate because sex odd increases have been observed in many Asian countries (Zhu *et al.* 2009). Indeed, selective-gender abortions due to the broad availability of pre-natal ultrasounds started in the 1980s and led to sex odds up to 1.15 or more. This social aspect has not been effectively addressed by the Scherb and Voigt study.
4. The conclusions driven by the analysis of the "gender gap" in Denmark in 1987 are doubtful because they could not be reproduced in any other European country. Furthermore, the fluctuations of the presented Danish data are much larger when a period of time larger than the 1984-1990 period considered by the study is taken into account.
5. The results concerning the variation of the sex odd versus the distance to the German and Swiss NPPs is difficult to assess fully, because the methodology used has not been published in a peer-reviewed journal, no confounding factors have been taken into account (as for instance in Spycher *et al.* (2011)) and no alternative hypotheses have been tested. The fact that the study identified a peak at 14.3 km and not within 0 to 5 km from the NPP is difficult to understand in a cause-effect framework. Another troubling aspect of this reasoning is the absence of a documented relationship between the distance to the NPP and the dose delivered to the population. Finally, the last section of the Kusmierz *et al.* (2010) study casts some doubts by the authors themselves as they state that "[e]xtended investigations are required to support or refute the findings of this paper".

In conclusion, the opinion of the KSR is that there is no proof that the sex odds are affected by ionizing radiation. The conclusions of Scherb and Voigt are not convincing and do not provide compelling arguments to cast doubt on the risk estimate published by international bodies like the ICRP or UNSCEAR. Their conclusions are therefore not a source of concern for Swiss public health. For improving our understanding of the genetic effects of ionizing radiation, the KSR recommends supporting more effective research fields like radiobiology which offer a much greater explanatory power, rather than funding another study on the sex odd.

References

Hesketh T. and Zhu W. X. 2006. Abnormal sex ratios in human populations: Causes and consequences. *PNAS* 103(36): 13271–13275.
doi 10.1073/pnas.0602203103

Kusmierz R, Voigt K, Scherb H. 2010. Is the human sex odds at birth distorted in the vicinity of nuclear facilities (NF)? A preliminary geo-spatial–temporal approach. In: Greve K, Cremers AB (eds) 24th *EnvironInfo* 2010. Bonn and Cologne, Germany, October 6th–8th 2010. Shaker, pp 616–626

Scherb H. and Voigt K. 2011. The human sex odds at birth after the atmospheric atomic bomb tests, after Chernobyl, and in the vicinity of nuclear facilities, *Environ Sci Pollut Res* 18:697–707.
doi 10.1007/s11356-011-0462-z

Spycher B. D. Feller M., Zwahlen M., Rösli M., von der Weid N. X., Hengartner H., Egger M. and Kuehni C. E. 2011. Childhood cancer and nuclear power plants in Switzerland: a census-based cohort study. *International Journal of Epidemiology*.
doi:10.1093/ije/dyr115

Wei Xing Zhu, Li Lu and Therese Hesketh. 2009. China's excess males, sex selective abortion, and one child policy: analysis of data from 2005 national intercensus survey, *British Medical Journal* 338:b1211.
doi:10.1136/bmj.b12



Stellungnahme der KSR/CPR zur Publikation von Scherb und Voigt über einen möglichen Zusammenhang zwischen Strahlung und Geschlechterverhältnis

Vorwort

Die Kommission für Strahlenschutz und Überwachung der Radioaktivität (KSR) verfolgt alle Publikationen aufmerksam, die das Wissen über die Wirkung ionisierender Strahlung auf die menschliche Gesundheit erweitern. Unter anderem wurde auch ein kürzlich erschienener Artikel von Scherb und Voigt (2011) geprüft. Aufgrund der grossen Zahl von Publikationen im Bereich der Strahlenbiologie und Strahlenepidemiologie beschränkt sich die KSR normalerweise auf Stellungnahmen zu zusammenfassenden Publikationen wie UNSCEAR- oder ICRP-Berichte. Da die Studie von Scherb und Voigt jedoch in einer Peer-Review-Fachzeitschrift erschien, nahm die KSR das Mandat vom Bundesamt für Gesundheit an, den Inhalt und allfällige daraus resultierende Auswirkungen für die Schweiz und ihr Gesundheitswesen zu analysieren.

Zusammenfassung der Studie

Die Studie befasst sich mit dem Geschlechterverhältnis bei der Geburt, das als Verhältnis zwischen der Anzahl lebendgeborener Jungen und Mädchen definiert ist. Es wird das Geschlechterverhältnis über 40 Jahre untersucht und versucht, einen Zusammenhang zwischen beobachteten zeitlichen Veränderungen und einer Exposition mit ionisierender Strahlung festzustellen. Die Studie kommt zum Schluss, dass es beim Geschlechterverhältnis in den USA und Europa zwischen 1964 und 1975 zu einer Zunahme kam und dass dies mit dem weltweiten verzögerten Fallout zusammenhängen könnte, der auf die Atombombentests vor dem Abschluss des Vertrags über das Verbot von Kernwaffenversuchen von 1963 zurückzuführen war. Die Studie stellt für 1986 eine ähnliche Zunahme in der europäischen (aber nicht der amerikanischen) Bevölkerung fest, die sie auf den Tschernobyl-Unfall zurückführt. Dieses Ereignis wird detaillierter analysiert, um zu zeigen, dass die Grössenordnung des Effekts mit der Strahlendosis zusammenhängt: Die Autoren stellen einen geringen Effekt in der französischen Bevölkerung, einen grösseren Effekt in der deutschen und einen noch grösseren Effekt in der russischen Bevölkerung fest. Um einen allfälligen dosisabhängigen Effekt zu quantifizieren, wird in der Studie die absolute Anzahl Geburten in Dänemark betrachtet und dabei für 1987 ein grösseres Defizit von weiblichen gegenüber männlichen Geburten festgestellt. Aus dieser Beobachtung und einer ihrer früheren Publikationen leiten die Autoren ein Ungleichgewicht der Geschlechter, einen sogenannten «Gender Gap», von mehreren Millionen ab. Das Ungleichgewicht wird auf ein Geburtendefizit und auf Totgeburten oder Geburten behinderter Kinder zurückgeführt.

Der Artikel enthält auch Daten zum Geschlechterverhältnis in der Bevölkerung in der Nähe von Atomkraftwerken (AKW) in Deutschland und der Schweiz, wobei diese Daten aus einer Studie derselben Gruppe stammen (Kusmierz *et al.* 2010). Auf der Grundlage der Daten von Kusmierz *et al.* stellen die Autoren für die Kohorten, die in einem 5-Kilometer-Radius von einem AKW leben, keinen statistisch signifikanten Unterschied fest. Eine statistisch signifikante Zunahme des Geschlechterverhältnisses wurde in der Studie hingegen bei einer Entfernung von weniger als 35 km von einem AKW beobachtet, und eine noch bessere Übereinstimmung mit einer Rayleigh-Verteilung (mehr oder weniger eine «Beule»), die ein Maximum bei 14,3 km Entfernung von einem AKW aufweist.

Die Autoren schliessen aus dieser Beobachtung und früheren Studien, dass das Risiko, das von niedrig dosierter ionisierender Strahlung ausgeht, durch die internationalen Organisationen gegenwärtig «um drei bis vier Grössenordnungen» unterschätzt oder noch wahrscheinlicher «konzeptuell falsch» eingeschätzt werde.

Ansicht der KSR

Die KSR interessiert sich sehr für neue Forschungsarbeiten, die zu neuen Erkenntnissen über die gesundheitlichen Auswirkungen ionisierender Strahlungen beitragen. Internationale Organisationen wie die ICRP oder das UNSCEAR stimmen der wissenschaftlich etablierten Ansicht zu, dass durch die Exposition mit niedrig dosierter ionisierender Strahlung Krebs, vererbare Mutationen und wahrscheinlich weitere gesundheitliche Beeinträchtigungen entstehen können. Eine sorgfältige Studie zum Geschlechterverhältnis ist zu begrüßen, auch wenn eine nicht nachgewiesene Wirkung auf das Geschlechterverhältnis keineswegs bedeuten würde, dass ionisierende Strahlung harmlos ist. Als wichtigste Schlussfolgerung der Studie halten Scherb und Voigt fest, dass der internationale Konsens zur Wirkung geringer Dosen ionisierender Strahlung das tatsächliche Risiko um mehrere Grössenordnungen unterschätzt. Wenn sich diese aussergewöhnliche Behauptung als wahr herausstellen würde, müsste mit ionisierender Strahlung ganz anders umgegangen werden als bisher, insbesondere im Bereich medizinischer Anwendungen. Bevor diese Behauptung akzeptiert wird, muss sie deshalb sehr überzeugend belegt werden können. Aus folgenden Gründen ist die KSR von den durch Scherb und Voigt vorgelegten Schlussfolgerungen nicht überzeugt:

1. Alle in der Studie beobachteten Geschlechterverhältnisse liegen zwischen 1,045 und 1,065. Gemäss Konsens liegt dieser Bereich innerhalb der Baseline, die zur Bewertung von Abweichungen verwendet wird (Hesketh und Zhu 2006).
2. Da die normalen jährlichen Schwankungen des Geschlechterverhältnisses nicht geschätzt wurden, ist es schwierig, eine in einem bestimmten Jahr vorhandene Veränderung sichtbar zu machen. Die KSR schätzte die Unsicherheit einerseits mit Hilfe der berechneten Standardabweichungen für die in der Studie gegebenen Übereinstimmungen und andererseits durch den Vergleich der allgemein verfügbaren europäischen Daten zum Zeitraum des Atomteststoppvertrags und des Reaktorunglücks in Tschernobyl: Es scheint eine Standardunsicherheit von etwa 0,005 angebracht. Dies hätte bei der Analyse der Daten berücksichtigt werden müssen. So sind die in der Studie festgestellten Zunahmen des Geschlechterverhältnisses mit Ausnahme von Russland zwischen 1980 und 2000 kleiner als 0.005.
3. Die Zunahme des Geschlechterverhältnisses in Russland zwischen 1980 und 2000 wird auf den Unfall in Tschernobyl zurückgeführt. Es wird jedoch kein statistischer Test aufgeführt, der erklärt, weshalb die Zunahme des Geschlechterverhältnisses im Jahr 1986 wahrscheinlicher ist als in irgendeinem anderen Jahr. Insbesondere wird die Hypothese nicht überprüft, dass während des gesamten 20-jährigen Zeitraums eine langsame Zunahme stattfand. Das ist bedauerlich, da in vielen asiatischen Ländern Zunahmen des Geschlechterverhältnisses beobachtet wurden (Zhu *et al.* 2009). Durch die breite Verfügbarkeit der pränatalen Ultraschalldiagnostik begannen in den 1980er-Jahren geschlechtsspezifische Abtreibungen, die zu Geschlechterverhältnissen von 1,15 oder mehr führten. Dieser gesellschaftliche Aspekt wurde in der Studie von Scherb und Voigt nicht ausreichend beleuchtet.
4. Die Schlussfolgerungen aus der Analyse des «Gender Gap» in Dänemark im Jahr 1987 sind fragwürdig, da sie für kein weiteres europäisches Land reproduziert werden konnten. Ausserdem sind die Schwankungen der vorgelegten dänischen Daten wesentlich grösser, wenn ein längerer Zeitraum als die in der Studie betrachtete Zeitspanne 1984-1990 berücksichtigt wird.
5. Die Ergebnisse zur Veränderung des Geschlechterverhältnisses je nach Entfernung von den AKW in Deutschland und der Schweiz sind schwierig zu bewerten, da die verwendete Methodologie nicht in einer Peer-Review-Fachzeitschrift erschienen ist, keine verzerrenden Faktoren berücksichtigt wurden (wie zum Beispiel in Spycher *et al.* (2011)) und keine

alternativen Hypothesen geprüft wurden. Die Tatsache, dass die Studie einen Höchstwert bei 14,3 km ausmachte und nicht innerhalb von 0 bis 5 km Entfernung von einem AKW, ist im Rahmen einer Ursache-Wirkung-Analyse schwer nachzuvollziehen. Ein weiterer störender Aspekt dieser Argumentation ist, dass keine Beziehung zwischen der Entfernung von einem AKW und der Dosis, der die betreffende Bevölkerung ausgesetzt ist, dokumentiert wurde. Schliesslich bringen im letzten Teil der Studie von Kusmierz *et al.* (2010) die Autoren selbst einige Vorbehalte an, indem sie festhalten, dass «umfassende Untersuchungen notwendig sind, um die Ergebnisse dieses Artikels zu bestätigen oder zu widerlegen».

Zusammenfassend ist die KSR der Meinung, dass kein Beweis dafür erbracht wurde, dass das Geschlechterverhältnis durch ionisierende Strahlung verändert wird. Die Schlussfolgerungen von Scherb und Voigt sind nicht überzeugend und liefern keine zwingenden Argumente dafür, dass die von internationalen Organisationen wie ICRP oder UNSCEAR publizierten Einschätzungen des Risikos angezweifelt werden müssten. Die Schlussfolgerungen der Studie sind deshalb für das Schweizer Gesundheitswesen nicht beunruhigend. Zur Verbesserung unseres Verständnisses der genetischen Auswirkungen ionisierender Strahlung empfiehlt die KSR, statt der Finanzierung einer weiteren Studie zum Geschlechterverhältnis besser Forschungsgebiete wie die Radiobiologie zu unterstützen, die zielgerichteter sind und eine wesentlich grössere Aussagekraft haben.

Referenzen

Hesketh T. and Zhu W. X. 2006. Abnormal sex ratios in human populations: Causes and consequences. *PNAS* 103(36): 13271–13275.
doi 10.1073/pnas.0602203103

Kusmierz R, Voigt K, Scherb H. 2010. Is the human sex odds at birth distorted in the vicinity of nuclear facilities (NF)? A preliminary geo-spatial-temporal approach. In: Greve K, Cremers AB (eds) 24th *EnvironInfo* 2010. Bonn and Cologne, Germany, October 6th–8th 2010. Shaker, pp 616–626

Scherb H. and Voigt K. 2011. The human sex odds at birth after the atmospheric atomic bomb tests, after Chernobyl, and in the vicinity of nuclear facilities, *Environ Sci Pollut Res* 18:697–707.
doi 10.1007/s11356-011-0462-z

Spycher B. D. Feller M., Zwahlen M., Rösli M., von der Weid N. X., Hengartner H., Egger M. and Kuehni C. E. 2011. Childhood cancer and nuclear power plants in Switzerland: a census-based cohort study. *International Journal of Epidemiology*.
doi:10.1093/ije/dyr115

Wei Xing Zhu, Li Lu and Therese Hesketh. 2009. China's excess males, sex selective abortion, and one child policy: analysis of data from 2005 national intercensus survey, *British Medical Journal* 338:b1211.
doi:10.1136/bmj.b12